

【特許請求の範囲】

【請求項1】光源と、

入力信号に応じて駆動電圧を発生させる駆動回路と、
所定の低周波信号を発生する低周波発振器と、
前記低周波発振器の低周波信号で前記駆動信号に振幅変調をかける低周波重畳手段と、
前記低周波信号重畳回路の出力に応じて前記光源の出力光を変調し前記入力信号を光信号に変換する光変調器と、
前記光変調器の光出力電力をモニタする受光素子と、
前記受光素子から出力される信号に含まれる前記低周波成分を検出し前記低周波発振器出力と比較する位相検出手段と、
前記位相検出手段からの出力に対して前記低周波成分と前記受光素子で受ける光電力を重み付けし加算する誤差信号を発生させる動作点シフト回路と、前記位相検出手段の出力と前記動作点シフト回路の出力により光変調器の動作点を制御する制御手段とを設けたことを特徴とする光変調器。

【請求項2】請求項1記載の前記動作点シフト回路は、前記低周波信号発生器の出力を前記受光素子で受ける光電力により重み付けを行って前記光信号に含まれる前記低周波成分に足しあわせることを特徴とする光変調器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光送信器に関し、特に入力信号に応じて発生させた駆動電圧信号により、光源からの光を変調して光信号を出力するマッハツェンダ型光変調器などの外部光変調器を有する光送信器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光送信機に光・電気変換素子として用いられるLiNbO₃ Mach-Zehnder型変調器は、優れた光・電気変換特性と動的波長変動特性を持っているが、印可される直流電圧、温度変化、経時変化によって、その入力特性の変化（動作点ドリフト）が生じる。

【0003】これに対して図6（特開平2-50189）のように、駆動信号に低周波信号を重畳し、外部変調器から出力される光信号に含まれる低周波信号の周波数成分を検出し、前記低周波発振器から出力する低周波数信号の位相と比較して動作点の変動を検出し、出力光から検出される低周波信号の周波数成分がなくなるように制御する方法がある。

【0004】図7に公知例（特開平2-50189）の動作の原理図を示す。

【0005】駆動回路（2）は入力電気信号を所要の電圧振幅に増幅する。

【0006】低周波重畳回路（3）は低周波発振器

（8）からの低周波信号（周波数 f_0 ）を受け、駆動信号に数パーセントの重畳をかけた後、容量結合でこの成

分を除去し、駆動信号の包絡線の下に対称に低周波変調を重ねるものである。

【0007】光源（1）から出た光は光変調器（4）で強度変調される。

【0008】光変調器の動作点はバイアス制御回路（9）によって決められる。

【0009】変調器出力の一部は分光岐（5）で分岐され、受光素子（6）で電気信号に変換され、重畳された低周波成分のみが帯域通過フィルタ（71）で検出され、同期検出回路（73）に入力される。

【0010】同期検出回路（73）のもう一つ入力には低周波発振器（8）からの低周波信号が入力され、検出した低周波成分と位相比較を行う。

【0011】検出した低周波成分の大きさは、駆動信号が光変調器（4）の電気光変換特性の所望の谷から山の曲線にある時が最小（図7のa）であり、そこからずれると大きくなっていく。電気・光変換特性がドリフトによって、最適点（a）から電圧の多きい方へずれるか（c）、小さい方へずれるか（b）によって、検出される低周波成分の極性がことなる。したがって、同期検出回路（73）で位相比較を行った出力はずれる方向によって、極性の異なる信号が得られる。

【0012】この信号をローパスフィルタLPF(74)により積分してバイアス制御回路(9)により変調器にバイアス電圧を加える帰還を行うことによって、最適点（a）にバイアス設定を行うことができる。

【0013】この方法では、光・電気変換特性の中央部に動作点を固定する様に動作する。

【0014】ところが、エルビウムドープファイバ光増幅器を多段につないだ伝送路に伝送する場合は、光・電気変換特性の中央部よりも、動作点をシフトした方が、良好な感度特性を得ることができる場合があり、動作点を任意の場所に設定できることが望ましい。

【0015】これに対しては公開平8-548366において、動作点シフト回路を付与することで、任意の動作点設定を可能とする構成が公開されている。

【0016】これは前記特許において、外部変調器から出力される光信号に含まれる低周波信号の周波数成分を検出し、前記低周波発振器から出力する低周波数信号の位相と比較する時に、低周波発振器の出力の一部を極性、振幅を調整して加えて、位相比較を行うものである。

【0017】動作点としては、光出力から検出される低周波信号の周波数成分と付加する低周波信号がなくなるように制御する。

【0018】したがって、動作点は光・電気変換特性の中央部からオフセットをはいた状態に固定する。

【0019】ところが、光出力から検出される低周波信号の電力成分は、変調器光出力に依存するため、例えば変調器の出力光電力が変動した場合、検出される低周波

信号の周波数成分の出力振幅が変動するにも関わらず、オフセットを生じさせるために加えた低周波信号は変動せず、結果として変調器のオフセット量が変動する可能性があった。

【0020】変調器の出力電力が変動するのには、光源の光出力が変動した場合、または変調器の事象の損失が経時的、環境温度の変化によって変わる場合があり、実用上十分起こりうるので対策が必要であった。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、外部変調器の動作点設定を任意に行いつつ、変調器の出力光電力の変動による動作点変動が生じない、外部変調器の自動バイアス制御方法の実現である。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を解決するために、光源と、入力信号に応じた駆動電圧を発生させる駆動回路と、所定の低周波信号を発生する低周波発振器と、前記低周波発振器の低周波信号で前記駆動信号に振幅変調をかける低周波重畳手段と、前記低周波信号重畳回路の出力に応じて前記光源の射出光を変調し前記入力信号を光信号に変換する光変調器と、前記光変調器の光出力電力をモニタする受光素子と、前記受光素子から出力される信号に含まれる前記低周波成分を検出し前記低周波発振器出力と比較する位相検出手段と、前記位相検出手段からの出力に対して前記低周波成分と前記受光素子で受ける光電力を重み付けし加算する誤差信号を発生させる動作点シフト回路と、前記位相検出手段の出力と前記動作点シフト回路の出力により光変調器の動作点を制御する制御手段とを設けることで、光変調器の動作点のオフセット量を光変調器の出力により重み付けの比率を変更することによって、光変調器の動作点のオフセット量の変更を可能にすることで、外部変調器のバイアスを制御できる。

【0023】また、前記動作点シフト回路を前記低周波信号発生器の出力を前記受光素子で受ける光電力により重み付けを行って前記光信号に含まれる前記低周波成分に足しあわせることをことによって、光変調器の動作点のオフセット量を光変調器の出力により重み付けの比率を変更することによって、光変調器の動作点のオフセット量の変更を可能にすることで、外部変調器のバイアスを制御できる。

【0024】

【発明の実施の形態】図1に本発明の概要構成図を示す。

【0025】入力信号は駆動回路(2)で所要の電圧振幅まで増幅される。

【0026】低周波発振回路(7)からの低周波信号の一部は低周波信号重畳回路(3)に入力し、駆動信号に駆動信号の包絡線の上下に対称に低周波変調重畳を行った振幅変調を行う。

【0027】レーザダイオードから成る光源(1)の光はLiNbO₃ Mach-Zehnder型的光変調器(4)で強度変調がかけられ、出力光の一部は分岐回路(5)で一部が分岐され、受光素子(6)に入射する。

【0028】受光素子(6)の電気信号出力の一部は位相検出回路(7)で低周波発振器(8)の出力の一方と乗算することで位相比較が行われ、その出力はバイアス制御回路(9)に入力され、光変調器(4)のバイアス制御が行われる。

【0029】動作点シフト回路(10)は受光素子

(6)の電気信号を受け、バイアス制御回路(9)動作点オフセットの信号を与える。

【0030】ここで分岐回路(5)は光変調器(4)の内に設けた光分岐を用いてもよく、また分岐回路を用いずに出力側チップ端面の導波光以外の漏れ光や、放射光を受光素子(6)にて検出しもよい。図2に図1の具体的な実施例1の構成を示す。

【0031】図2に於いて図1と同一部材は同一番号で示す。

【0032】受光素子(6)の電気信号出力は位相検出回路(7)内のバンドパスフィルタ(71)で、低周波成分を取り出し、増幅器(72)で増幅後、同期検波回路(73)で低周波発振器(8)の低周波出力と乗算による同期検波を行い、その出力はローパスフィルタ(74)を通過することで積分される。

【0033】動作点シフト回路(10)では位相検出回路(7)の出力を増幅器(104)で増幅後、引き算回路(103)に入力する。

【0034】またオフセット調整用として、受光素子(6)の電気信号出力をローパスフィルタ(101)を通過させ積分した後、増幅器(102)で適当な大きさに増幅され、引き算回路(103)に加えられる。図4に光変調器の電気・光変換特性(無変調時)を実線で、変調時(RZ)を破線で出力電力の変調器のバイアス依存性を示す。

【0035】図中、縦軸は光変調器の光出力を規格化したもので、1が光出力の最大(変調器への入力光が全て出力された状態)を示す。

【0036】横軸は光変調器に加えられるバイアス電圧を示し1は V_{π} を示す。

【0037】RZ変調がかかっていると、光出力電力の山と谷の高さと位置が、無変調の場合とは異なる。山と谷の高さが異なるのは、RZ変調では、光波形の振幅方向に分布しているため、バイアスを変えても全発光、または全消光にはならないからである。山と谷の位置が異なるのは、RZ変調では光波形の振幅方向の下半分の方が電力密度が大きいためである。

【0038】図5に同検波回路出力と受光素子で受けた変調器出力電力をそれぞれ適当に増幅し、差をとったもの(換算同期検波出力)の変調器のバイアス依存性を示

す。

【0039】二つの換算同期検波出力は、同検波回路出力と受光素子で受けた変調器出力電力をそれぞれの増幅率を変えたものである。

【0040】同検波回路出力は点Aに零点を持つのに對し、換算同期検波出力は点Bまたは点Cに零点を持つ。

【0041】増幅率を変えることで零点を変更することができる。

【0042】公知例(特願平2-50189)の動作では、同期検波出力を積分して、変調器のバイアスに帰還をかけるので、点Aに変調器の動作点を固定するように変調器バイアスの制御が行われる。

【0043】そこで、図5の換算同期検波出力を積分して、変調器のバイアスに帰還をかければ、点Bに変調器の動作点を固定できる。

【0044】また、同検波回路出力と受光素子で受けた変調器出力電力をそれぞれの増幅率を変えることによって、動作点を変更することができる。

【0045】図2は位相検出回路(7)の同期検波出力に所定値の動作点をシフトをさせた状態で、受光素子からの低周波成分の振幅により動作点をシフトさせる動作点シフト回路(10)により換算同期検波出力制御を行うっている。

【0046】これによって、光源(1)や光変調器(4)の影響により、低周波成分の振幅が変動した場合にも正確に動作点を設定できる。

【0047】さらに、換算同期検波出力の計算上、同期検波出力と受光素子で受けた変調器出力電力を増幅器(72)(104)(102)で増幅する時、それぞれの増幅する比率を変えることで、換算同期検波出力の零点を動かすことができる。

【0048】つまり、オフセット量を任意に設定することができる。

【0049】また、同期検波回路の出力は変調器の光出力電力とも比例しているが、引き算される受光素子の検出光電力もまた、変調器の光出力電力に比例しているため、変調器の動作点が、変調器の光出力電力によって変動することを抑圧している。図3に図1の具体的な実施例1の構成を示す。

【0050】図3において図1と同一部材は同一番号で示す。

【0051】動作点シフト回路(10)は受光素子(6)の電気信号をローパスフィルタ(101)通過させ増幅器(102)で増幅し、低周波発振器(8)の出力の一部を、増幅器(102)の出力で利得が変わるようにする。

【0052】可変利得増幅器(105)で増幅後、加算回路(106)で位相検出回路(7)内のBPF(71)で受光素子の出力より低周波を検出した出力を増幅器(72)で

増幅された低周波成分に加え同期検波回路(73)に入力する。

【0053】可変利得増幅器(105)の出力からの低周波信号と検出された低周波成分が零になるバイアス制御が行われるので、変調器の動作点にオフセットを加えることができる。

【0054】加算回路(106)で加える低周波信号の振幅、または極性を調整することによって、光変調器(4)の動作点を任意の位置に設定できる。

【0055】さらに受光素子(6)で受けた変調器出力電力を用いることで、検出された低周波成分が、光変調器の出力電力の変動に比例して、変動するのに対し、動作点のオフセットを加えるために与えた低周波信号も、光変調器の出力電力の変動に比例して変動するため、動作点の光電力依存性を抑圧している。

【0056】本制御方式の入力信号はRZで説明したがNRZでも良い。

【0057】また、回路の温度特性を回避するために、たとえば低周波重畳回路付近に温度センサを設置し、温度変化に伴い、同検波回路出力と受光素子での光電流をそれぞれ適当な大きさと掛け合わせる時の増幅器の増幅率を変えても良い。

【0058】

【発明の効果】光変調器(4)の動作点補償の制御を行う一つ、光変調器の動作点設定を任意の位置に設定でき、なおかつ光源の光電力変動または光変調器の損失変動による動作点変動を抑圧する制御を実現する。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明の概要構成図である。

【図2】図2は実施例の構成1である。

【図3】図3は実施例の構成2である。

【図4】図4は光変調器出力のバイアス依存性を示す図である。

【図5】図5は同期検波出力のバイアス依存性を示す図である。

【図6】図6は公知例の構成図である。

【図7】図7は公知例の動作原理を説明する図である。

【符号の説明】

- (1)光源
- (2)駆動回路
- (3)低周波重畳回路
- (4)光変調器
- (5)分岐回路
- (6)受光素子
- (7)位相検出回路
- (8)低周波発振器
- (9)バイアス制御回路
- (10)動作点シフト回路

【図1】

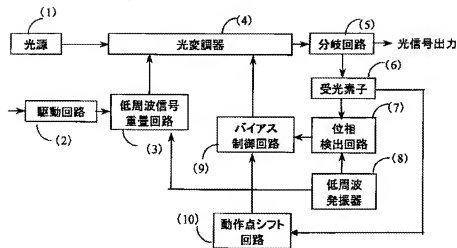


図1: 本発明の概要構成

【図2】

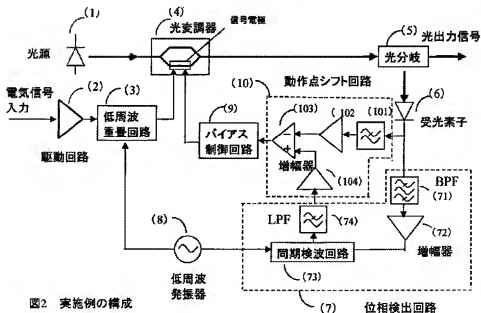


図2 実施例の構成

【図3】

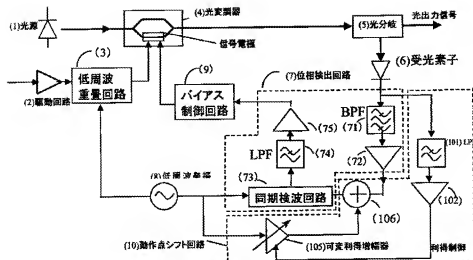


図3 実施例の構成

【図4】

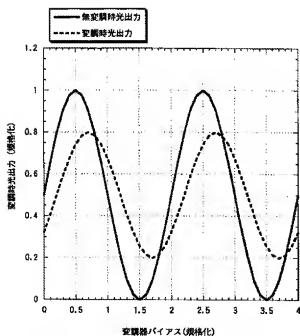


図4 光変調器出力のバイアス依存性

【図5】

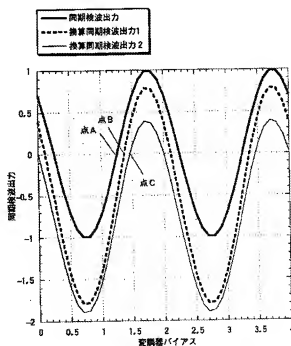


図5 同期検波出力のバイアス依存性

【図6】

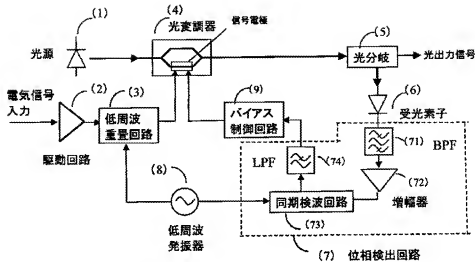


図6 光変調器動作点安定化回路の公知例の構成

【図7】

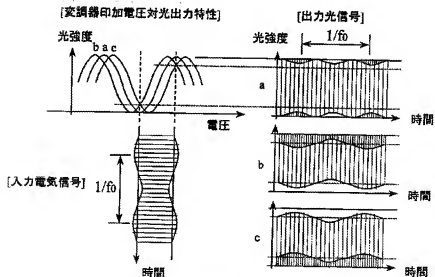


図7:光変調器動作点安定化回路の原理(公知)

フロントページの続き

(72)発明者 速水 数徳
福岡県福岡市博多区博多駅前三丁目22番8号 富士通九州デジタル・テクノロジー株式会社内

(72)発明者 岡田 慎司
福岡県福岡市博多区博多駅前三丁目22番8号 富士通九州デジタル・テクノロジー株式会社内

Fターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA03 CA05 DA03
FA01 FA03 FA04 HA13 HA23
KA19 KA20